

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-188401  
(P2003-188401A)

(43)公開日 平成15年7月4日(2003.7.4)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 1 L 31/04		H 0 1 L 31/04	W 5 F 0 5 1
			Y

審査請求 有 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号	特願2002-7651(P2002-7651)
(22)出願日	平成14年1月16日(2002.1.16)
(31)優先権主張番号	特願2001-311785(P2001-311785)
(32)優先日	平成13年10月9日(2001.10.9)
(33)優先権主張国	日本(J P)

(71)出願人	000006208 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目5番1号
(72)発明者	山下 信樹 神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社基盤技術研究所内
(72)発明者	森田 章二 神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社基盤技術研究所内
(74)代理人	100058479 弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

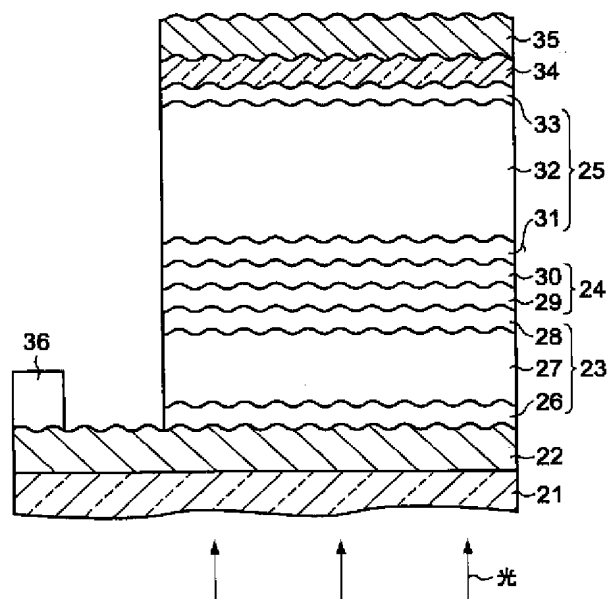
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 タンデム型シリコン系薄膜光電変換装置

(57)【要約】

【課題】ユニット界面接合部に不良部が発生するのを回避し、かつ所定の感度を有する各波長域を各ユニットに閉じ込められ、高い光電変換特性を有し安定性にも優れることを課題とする。

【解決手段】基板21上に2段に積層された複数の光電変換ユニットを23、25タンデム型シリコン系薄膜光電変換装置であり、前記各光電変換ユニット23、25は、夫々、順次積層された第1導電型の半導体層26、31、シリコン系薄膜の光電変換層27、32及び第2導電型の半導体層28、33とを有し、かつ前記各光電変換ユニット23、25間に酸化インジウム・酸化錫複合酸化物層もしくは酸化錫層と酸化亜鉛層の2層を中間層24として介在させたことを特徴とするタンデム型シリコン系薄膜光電変換装置。



# 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に順次積層された第1・第2の光電変換ユニットを有するタンデム型シリコン系薄膜光電変換装置であり、前記各光電変換ユニットは、夫々、順次積層された第1導電型の半導体層、シリコン系薄膜の光電変換層及び第2導電型の半導体層とを有し、かつ前記各光電変換ユニット間に中間層を介在させたことを特徴とするタンデム型シリコン系薄膜光電変換装置。

【請求項2】 前記中間層は、前記基板側に位置する酸化インジウム・酸化錫複合酸化物層もしくは酸化錫層と、この上に形成された酸化亜鉛層の2層からなることを特徴とする請求項1記載のタンデム型シリコン系薄膜光電変換装置。

【請求項3】 前記中間層を構成する酸化インジウム・酸化錫複合酸化物層もしくは酸化錫層、酸化亜鉛層の厚みは、夫々5～100nmであることを特徴とする請求項2記載のタンデム型シリコン系薄膜光電変換装置。

# 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板上に2段に積層された複数の光電変換ユニットを含むタンデム型シリコン系薄膜光電変換装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、例えば多結晶シリコンや微結晶シリコンのような結晶質シリコンを含む薄膜を利用した光電変換装置の開発が精力的に行われている。このような開発は、安価な基板上に低温プロセスで良質のシリコン薄膜を形成することによって光電変換装置の低コスト化と高性能化を両立させようという試みであり、太陽電池は光センサ等の様々な光電変換装置への応用が期待されている。

【0003】中でも、安価な低融点ガラスを用いることができる400℃以下の低温プロセスのみによって優れた光電変換効率を有する結晶質シリコン系薄膜光電変換装置を形成しえる方法が、最近脚光を浴びている。例えば、微結晶シリコンのpin接合を含む光電変換装置が、Appl. Phys. Lett., vol. 65, p. 860に記載されている。この光電変換装置は、簡便にプラズマCVD法で順次積層されたp型半導体層、i型半導体層及びn型半導体層を含み、これらの半導体層のすべてが微結晶シリコンであることを特徴としている。

【0004】また、同じくプラズマCVD法で低温形成される結晶質シリコン系薄膜光電変換装置において、基板や下地層が実質的に平面であっても微細な凹凸を含むテクスチャ構造の上面を有するシリコン系薄膜を形成することができ、そのシリコン系薄膜に入射した光がそのテクスチャ構造によって外部に逃げにくくなるといういわゆる光閉込め効果が得られることが知られている。

【0005】更に、非晶質シリコン系薄膜光電ユニット

と結晶質系光電変換ユニットを2段積層させたタンデム型光電変換装置において、総合的な光電変換特性が向上すると言う報告が数多くなされている（特開平10-294481等）。

【0006】特開平10-294481のタンデム型光電変換装置は、図4に示す構成となっている。図中の番号1は基板であり、この基板1上に裏面電極2を介して光電変換ユニット3、4が2段に積層されている。一方の光電変換ユニット3は、プラズマ法によって順次積層された一導電型層5と、結晶質を含むシリコン系薄膜の光電変換層6と、逆導電型半導体層7とから構成されている。他方の光電変換ユニット4は、プラズマ法によって順次積層された一導電型層8と、結晶質を含むシリコン系薄膜の光電変換層9と、逆導電型半導体層10とから構成されている。前記光電変換ユニット4上には、前面透明電極11、櫛型電極12が順次形成されている。

【0007】図4及び他の例らの報告のいずれにおいても、異なる光波長域に感度を有する複数の光電変換ユニットを組み合わせることによって、広い波長領域の光をそれらの異なる複数の光電変換ユニットで分担吸収させるという特徴である。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図4の従来技術によれば、下記に述べる問題点を有する。

1) 成膜プロセス上、2種の光電変換ユニットを積層するに当たり、ユニット界面で元素の相互拡散が起こり、界面接合部に不良部が発生し、本来の性能を得ることができない。

【0009】2) 広い波長領域の光をそれらの異なる複数の光電変換ユニットで分担して吸収させるためには、異なる光波長域に感度を有する複数の光電変換ユニットを組み合わせるによってなされるが、より効率的に行うためには、感度を有する各光波長域をそのユニットに閉じ込める必要がある。

【0010】本発明は上記事情を考慮してなされたもので、第1・第2の光電変換ユニット間に中間層を介在させることにより、ユニット界面接後部に不良部が発生することを防止できるとともに、所定の感度を有する各波長域を各ユニットに閉じ込めることができ、もって高い光電変換特性を有しかつ安定性にも優れた高性能のタンデム型シリコン系薄膜光電変換装置を提供することを目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板上に順次積層された第1・第2の光電変換ユニットを有するタンデム型シリコン系薄膜光電変換装置であり、前記各光電変換ユニットは、夫々、順次積層された第1導電型の半導体層、シリコン系薄膜の光電変換層及び第2導電型の半導体層とを有し、かつ前記各光電変換ユニット間に中間層を介在させたことを特徴とするタンデム型シリコン

系薄膜光電変換装置である。

【0012】本発明において、前記中間層としては、例えば前記基板側に位置する酸化インジウム・酸化錫複合酸化物層（ITO層）もしくは酸化錫層と、この上に形成された酸化亜鉛層の2層からなるものが挙げられる。ここで、基板側にITO層もしくは酸化錫層を選択したのは、導電性が高く低温で形成することができるからである。また、その上に酸化亜鉛層を形成するのは、酸化亜鉛はプラズマ耐性に強く、第2の光電変換ユニットを構成する半導体層をプラズマCVDで形成する際、水素を多量に使用するので、基板側に位置する酸化インジウム・酸化錫複合酸化物層（ITO層）もしくは酸化錫層が還元されるのを回避するためである。

【0013】前記中間層を構成する酸化インジウム・酸化錫複合酸化物層もしくは酸化錫層、酸化亜鉛層の厚みは、夫々5～100nmであることが好ましい。この理由は、厚みが5nm未満の場合、不純物が他方のユニット中に混じり合うのを防止することができず、厚みが100nmを超えると、基板側への入射光のうち、第2の光電変換ユニットに送られる、長波長光の入射光強度が大幅に減少するからである。

【0014】本発明によれば、第1・第2の光電変換ユニット間に、ユニット間での相互拡散防止機能、電流相殺機能、所定の光学的機能を備えた中間層を介在させることにより、ユニット界面接後部に不良部が発生することを防止できるとともに、所定の感度を有する各波長域を各ユニットに閉じ込めることができ、もって高い光電変換特性を有しかつ安定性にも優れる高性能のタンデム型シリコン系薄膜光電変換装置を得ることができる。また、結晶シリコン系薄膜光電変換ユニットを積層化することによって、光電変換装置の信頼性及び安定性が著しく改善され、また光閉じ込め効果の向上に伴う光電変換装置の高性能化も図ることが可能であり、シリコン系薄膜光電変換装置の実用化に大きく貢献することができる。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施形態の一例に係る2段タンデム型シリコン系薄膜光電変換装置の模式的な断面図を示す。図中の符番21は基板を示す。ここで、基板21としては、例えば有機フィルム、あるいは低融点で安価なガラス基板が用いられる。前記基板21上には、酸化錫（ $\text{SnO}_2$ ）からなる表面電極22が蒸着法やスパッタ法や熱CVD法によって形成されている。

【0016】前記裏面電極22上には、1段目の第1の光電変換ユニット23、中間層24及び2段目の第2の光電変換ユニット25が順次形成されている。ここで、第1の光電変換ユニット23は短波長（300～800nm）の感度が高く、第2の光電変換ユニット25は長波長（500～1200nm）の感度が高い。前記光電

変換ユニット23は、第1導電型の半導体層26と、光電変換層27と、第2導電型の半導体層28とから構成されている。

【0017】前記半導体層26は、プラズマCVD法にて堆積され、導電型不純物原子がドーパされた微結晶シリコン薄膜もしくは非晶質シリコン薄膜のいずれかが用いられる。不純物原子としては、半導体層26が、例えばp型層の場合はボロン原子が用いられる。なお、半導体層の膜厚は3～100nmの範囲内に設定され、より好ましくは5～50nmの範囲内に設定される。

【0018】前記光電変換層27は、微結晶シリコン薄膜もしくは非晶質シリコン薄膜をプラズマCVD法によって形成することにより得られる。前記光電変換層27としては、ノンドープのi型非晶質シリコン薄膜や堆積結晶化分率40%以上のi型微結晶シリコン薄膜が使用され得る。光電変換層27の膜厚は0.1～5 $\mu\text{m}$ の範囲内で設定される。

【0019】前記半導体層28は、プラズマCVD法によって堆積される。前記半導体層28としては、導電型決定不純物原子がドーパされた微結晶シリコン薄膜もしくは非晶質シリコン薄膜が用いられる。半導体層28の膜厚は3～100nmの範囲内に設定され、より好ましくは5～50nmの範囲内に設定される。前記中間層24は下記条件1)～3)を満足する必要がある。

1) 第1・第2の光電変換ユニット23、25間で一方のユニット中の不純物が他方のユニット中に混じり合うのを防止する。

2) 第1・第2光電変換ユニット23、25界面の第2導電型の半導体層28・第1導電型の半導体層31間で、発電に寄与する電流と逆方向に流れる電流の発生を防止する。

3) 基板側への入射光のうち、長波長の入射光を主として第2の光電変換ユニット25に送る。前記中間層24としては、例えば蒸着法やスパッタ法を用い、 $\text{SnO}_2$ 膜もしくはITO膜29を作製し、次にZnO膜30を作製する。

【0020】他方の光電変換ユニット25は、第1導電型の半導体層31と、光電変換層32と、第2導電型の半導体層33とから構成されている。

【0021】前記半導体層31は、プラズマCVD法にて堆積され、導電型不純物原子がドーパされた微結晶シリコン薄膜もしくは非晶質シリコン薄膜のいずれかが用いられる。不純物原子としては、半導体層31が、例えばp型層の場合はボロン原子が用いられる。なお、半導体層31の膜厚は3～100nmの範囲内に設定され、より好ましくは5～50nmの範囲内に設定される。

【0022】前記光電変換層32は、微結晶シリコン薄膜もしくは非晶質シリコン薄膜をプラズマCVD法によって形成することにより得られる。前記光電変換層32としては、ノンドープのi型非晶質シリコン薄膜や堆積

結晶化分率40%以上のi型微結晶シリコン薄膜が使用され得る。光電変換層32の膜厚は0.1〜5 $\mu$ mの範囲内で設定される。

【0023】前記半導体層33は、プラズマCVD法によって堆積される。前記半導体層33としては、導電型決定不純物原子がドーパされた微結晶シリコン薄膜もしくは非晶質シリコン薄膜が用いられる。半導体層33の膜厚は3〜100nmの範囲内に設定され、より好ましくは5〜50nmの範囲内に設定される。

【0024】前記光電変換ユニット25上には、ITO、ZnO等から選択された少なくとも1以上の層からなる透明導電性膜34が形成されている。この透明導電性膜34上には、Al、Ag、Au、Cu、Pt等から選択された少なくとも1以上の金属又はこれらの合金の金属電極35がスパッタ法又は蒸着法によって形成される。前記基板21上の表面電極22の一部上には集電用電極としてのアルミニウム電極36が形成されている。

【0025】

【実施例】以下、本発明の実施例に係るタンデム型薄膜結晶質シリコン太陽電池について説明する。

(実施例1) 図1に示されているような2段積層型のタンデム型太陽電池が、実施例1として作製された。まず、ガラス基板21上に、表面電極22として厚さ600nmのSiO<sub>2</sub>膜が熱CVD法によって形成されている。前記表面電極22上には、ボロンドープされた厚さ15nmのp型アモルファスシリコン層26、ノンドープの厚さ300nmのアモルファスシリコン光電変換層27及びリンドープされた厚さ30nmのn型アモルファスシリコン層28が、夫々プラズマCVD法によって形成され、1段目のpin光電変換ユニット23が形成されている。

【0026】前記光電変換ユニット23上には、中間層24が形成されている。中間層24は、スパッタ法を用い、膜厚50nmのSnO<sub>2</sub>膜29を作製し、次に膜厚50nmのZnO膜30を作製する。ここで、ZnO膜30には、ガリウムもしくはインジウムもしくはイットリウムもしくはシリコンもしくはアルミニウムをドーピングしたものを用いてもよい。

【0027】前記中間層24上には、2段目のpin光電変換ユニット25が形成されている。光電変換ユニット25は、p型微結晶シリコンからなるp型半導体層31と、微結晶シリコンからなる光電変換層32と、n型微結晶シリコンからなるn型半導体層33とから構成され、各層31〜33は1段目の光電変換ユニット23のp型半導体層26、光電変換層27、n型半導体層28と同じ方法で堆積されている。

【0028】2段目の光電変換ユニット25上には、透明導電性膜34として厚さ80nmの透明導電性ITO膜がスパッタ法にて形成され、その上に電流取り出しのためのAg電極35が蒸着法によって形成されている。

【0029】(実施例2) 図1に示されているような2段積層型のタンデム型太陽電池が、実施例2として作製された。まず、ガラス基板21上に、表面電極22として厚さ600nmのSnO<sub>2</sub>膜が熱CVD法によって形成されている。前記表面電極22上には、ボロンドープされた厚さ15nmのp型アモルファスシリコン層26、ノンドープの厚さ300nmのアモルファスシリコン光電変換層27及びリンドープされた厚さ30nmのn型アモルファスシリコン層28が、夫々プラズマCVD法によって形成され、1段目のpin光電変換ユニット23が形成されている。

【0030】前記光電変換ユニット23上には、中間層24が形成されている。中間層24は、スパッタ法を用い、膜厚50nmのITO膜29を作製し、次に膜厚50nmのZnO膜30を作製する。ここで、ZnO膜30には、ガリウムもしくはインジウムもしくはイットリウムもしくはシリコンもしくはアルミニウムをドーピングしたものを用いてもよい。

【0031】前記中間層24上には、2段目の厚さ3 $\mu$ mのpin光電変換ユニット25が形成されている。光電変換ユニット25は、p型微結晶シリコンからなるp型半導体層31と、微結晶シリコンからなる光電変換層32と、n型微結晶シリコンからなるn型半導体層33とから構成され、各層31〜33は1段目の光電変換ユニット25のp型半導体層26、光電変換層27、n型半導体層28と同じ方法で堆積されている。

【0032】2段目の光電変換ユニット25上には、透明導電性膜34として厚さ80nmの透明導電性ITO膜がスパッタ法にて形成され、その上に電流取り出しのためのAg電極35が蒸着法によって形成されている。

【0033】(比較例) 比較例として、図2に示す、中間層の存在しない以外は、実施例1と同様な方法で2段のタンデム型太陽電池を作製した。

【0034】図3は、実施例1、実施例2及び比較例の短絡電流の比較のグラフを示す。実施例1、実施例2のタンデム型太陽電池の短絡電流は夫々1.3、1.4と比較例の場合と比べて大幅に向上しており、大きな光電変換効率を有していることが判明した。

【0035】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、第1・第2の光電変換ユニット間に、中間層を介在させることにより、ユニット界面接合部に不良部が発生することを防止できるとともに、所定の感度を有する各波長域を各ユニットに閉じ込めることができ、もって高い光電変換特性を有しかつ安定性にも優れた高性能のタンデム型シリコン系薄膜光電変換装置を提供できる。また、結晶シリコン系薄膜光電変換ユニットを積層化することによって、光電変換装置の信頼性及び安定性が著しく改善され、また光閉じ込め効果の向上に伴う光電変換装置の高性能化も図ることが可能であり、シリコン系薄膜光電

変換装置の実用化に大きく貢献することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る2段タンデム型シリコン系薄膜光電変換装置の模式的な断面図。

【図2】本発明の比較例に係る2段タンデム型シリコン系薄膜光電変換装置の模式的な断面図。

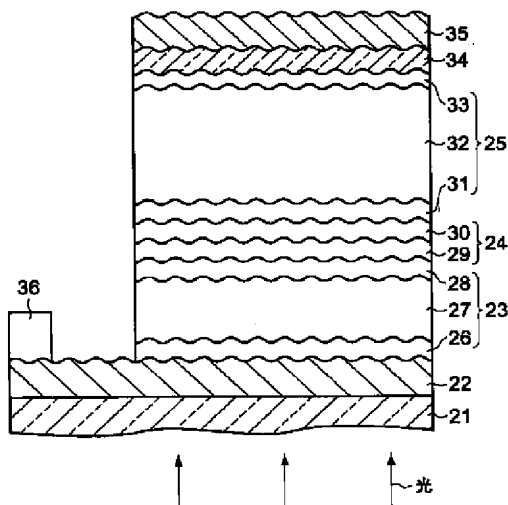
【図3】実施例1、実施例2及び比較例に係る光電変換装置の短絡電流を比較した説明図。

【図4】従来のタンデム型シリコン系薄膜光電変換装置の模式的な断面図。

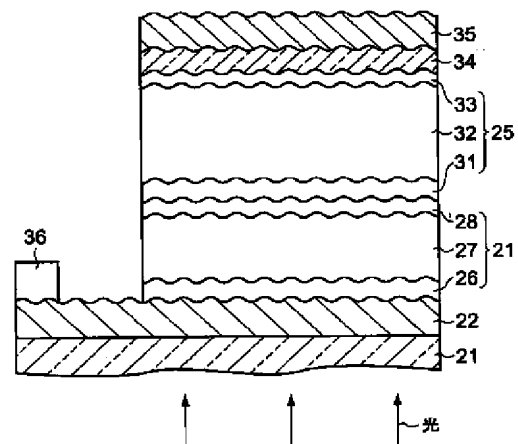
【符号の説明】

21…基板、  
22…表面電極、  
23…第1の光電変換ユニット、  
24…中間層、  
25…第2の光電変換ユニット、  
26, 31…p型の半導体層、  
27, 32…i型の半導体層、  
28, 33…n型の半導体層、  
34…透明導電性膜、  
35…A g電極、  
36…アルミニウム電極（集電用電極）。

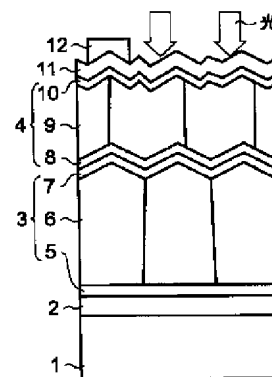
【図1】



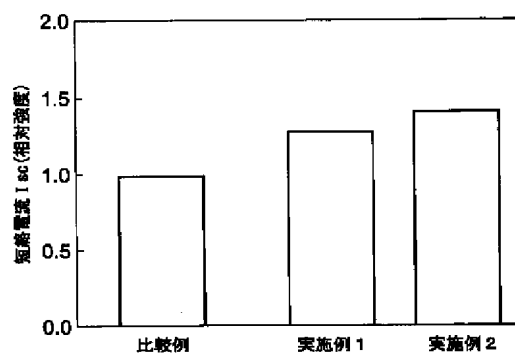
【図2】



【図4】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 近藤 勝彦  
長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三  
菱重工業株式会社長崎研究所内

Fターム(参考) 5F051 AA04 AA05 CA15 CB12 DA04  
DA18 FA02 FA03 FA12 FA18